

Ing. Robert Sedlák

Analýza motoriky a doby pohledu řidiče v křižovatkách

Analysis of Motoric and Gaze Time of Driver at Intersections

ABSTRAKT: Článek se zaměřuje na chování řidičů v křižovatkách při vjíždění z vedlejší silnice na hlavní. Tyto zvyklosti byly zkoumány testy v městském provozu v denní a noční době. Statistickým vyhodnocením bylo zjištěno, že pokud ke křižovatce nepřijíždělo žádné vozidlo, byl medián doby pozorování 0,4 s (noc) a 0,56 s (den), pokud ke křižovatce přijíždělo vozidlo, byl medián doby pozorování 0,74 s (noc) a 1,06 s (den), medián kontrolního pohledu byl shodně 0,12 s pro den i noc. Dále byla statisticky vyhodnocena motorika otáčení hlavy řidiče při rozhlížení se v křižovatce. Medián časového intervalu natočení hlavy z přímého směru doleva, z přímého směru doprava a naopak byl 0,36 s, medián časového úseku natočení hlavy zleva doprava a naopak byl 0,56 s.

KLÍČOVÁ SLOVA: doba pozorování, změna úhlu pohledu, křižovatka

ABSTRACT: The article focuses on the behavior of drivers in intersections when entering from a side road to the main. These practices were examined by tests in city traffic in daytime and night time. Statistical evaluation was found that if to the intersection did not come any vehicle, the median observation time was 0,4 s (night) and 0,56 s (day), if to the intersection were coming vehicle, the median observation time was 0,74 (night) and 1,06 (day), the median of the check view was 0,12 s for both day and night. There were also statistically evaluated motor skills of turning the driver's head when looking around the intersection. The median time interval rotation of the head from a straight line to the left, straight line to the right and vice versa was 0,36 s, median time period of rotation of the head from left to right and vice versa was 0,56 s.

KEYWORDS: observation time, change of visual angle, crossroad.

1. ÚVOD

Při analýze silničních nehod se znalci velmi často setkávají s dopravními nehodami v křižovatkách. Pokud necháme stranou nehody, kdy vozidlo jedoucí po hlavní silnici bylo pro odbočujícího řidiče v oblasti zakrytého výhledu přes sloupek vozidla a nehody, kdy řidič přehlédl dopravní značení, světelnou signalizaci, apod., tak další skupinou jsou nehody, které souvisí s fyziologickým omezením zrakového vnímání a motoriky pohybu člověka. Tuto skupinu nehod lze rozdělit na 2 typy.

Prvním příkladem jsou nehody typu „viděl, ale nerozpoznal“. Lze je charakterizovat tak, že odbočující řidič viděl přijíždějící vozidlo, ale neodhadl správně vzájemnou vzdálenost ve vztahu k rychlosti přijíždějícího vozidla, to vše s ohledem k reakčním schopnostem řidičů a dynamickým možnostem vozidel (akcelerace, brzdění, vyhýbání), které jsou fyzikálně omezeny. Pro specifický případ nehod vysoké rychlosti vozidla s právem přednosti v jízdě je pro technického znalce velmi problematické popsat, jaké měl odbočující řidič možnosti stanovit rychlost přibližujícího se vozidla v okamžiku před rozhodnutím o odbočení, neboť vzájemná

vzdálenost, ve které se řidič rozhodl odbočit, by byla dostatečná, pokud by se vozidlo jedoucí po hlavní silnici pohybovalo rychlostí v místě stanovenou.

Dalšími podobnými nehodami jsou kolize typu „podíval se, ale neviděl“. Při tomto typu nehod jsou možné v zásadě dva pohledy. Buď vozidlo v okamžiku, kdy se řidič odbočujícího vozidla rozhlédl, bylo v oblasti zakrytého výhledu (za zatáčkou, zástavbou, horizontem apod.) anebo bylo pro odbočujícího řidiče viditelné po celou dobu jeho rozhodování v křižovatce a příčina přehlédnutí vozidla pak byla jiná než technická. Pro stanovení, která z těchto dvou alternativ je s ohledem na podmínky v místě nehody (zejm. rychlost vozidla jedoucího po hlavní silnici a stavebně technický charakter daného místa) technicky přijatelná, je nutno znát dobu, během které řidič mění úhel pohledu z jedné na druhou stranu při rozhlížení se v křižovatce a dále dobu během, které řidič vyhledává objekty ve svém zorném poli a jak dlouho trvá jejich fixace.

Následující kapitoly se zabývají rozбором chování řidičů v křižovatkách z pohledu jejich motoriky a dobou fixace objektů v zorném poli, tj. nehodami typu podíval se, ale neviděl.

Dodáno autorem do redakce 14. 7. 2013. • Recenzní řízení od 5. 8. do 4. 10. 2013.

Ing. Robert Sedlák Robert, Ústav soudního inženýrství, Údolní 244/53, 602 00 Brno, e-mail: robert.sedlak@usi.vutbr.cz

2. PODMÍNKY A ZPŮSOB MĚŘENÍ

Při vyhodnocení chování řidičů v křižovatkách byly použity data z provedeného měření Ústavu soudního inženýrství ve spolupráci s rakouským výzkumným institutem EPIGUS (dále jen testy 1). Cílem těchto měření bylo získat informace pro znaleckou analýzu nehod s chodci za snížené viditelnosti. Tyto testy byly prováděny v běžném provozu a zkušební řidiči tak byly nuceni během jízdy po vymezeném testovacím okruhu vyhodnocovat i jiné dopravní situace, v tomto případě zejména jízdu křižovatkami.

Mimo výše uvedené testy byly ještě provedeny jízdy v dopravním provozu přímo za účelem vyhodnocení motoriky a doby fixace pohledu řidiče (dále jen testy 2).

2.1 Testovací trať

Pro testy 1 byla zvolena trasa mezi obcemi Lednice, Břeclav, Valtice, Hlohovec. Vyhodnocované křižovatky se nacházely v městské zástavbě.

Testy 2 byly prováděny v Prostějově. Ve zvoleném úseku byly kombinovány křižovatky nerozlišené dopravními značkami (přednost zprava) s křižovatkami ve tvaru T s rozlišením hlavní a vedlejší silnice.

2.2 Světelné podmínky

Testy 1 byly prováděny za soumraku a v nočních hodinách. Během první sady těchto měření bylo zataženo, občas jemně mžilo, místy se tvořila mlha a byla mokrá vozovka. V další sadě měření (jiný den) bylo počasí jasné a testy již byly prováděny na suché vozovce.

Testy 2 byly prováděny v denní době, za sucha a jasna.

2.3 Zkušební osoby

Testu 1 se zúčastnilo 8 řidičů, 7 mužů a 1 žena. Pět řidičů bylo z nejmladších věkových skupin (průměrný věk 35 let), čtyři z nich se podrobili očnímu vyšetření, kterým bylo zjištěno, že tito řidiči měli hodnotu parametru kontrastní citlivosti na horní hranici normy. Podle sdělení pátého řidiče, který se vyšetření nepodrobil, měl normální zrak bez vad zrakové ostrosti. Zbývajících 3 řidiči spadali do vyšší věkové kategorie (průměrný věk 52 let). Očním vyšetřením bylo zjištěno, že nedosahovali horní hranice kontrastní citlivosti ve vyšších testovaných frekvencích v rámci normy. U této skupiny bylo možno předpokládat horší rozlišení objektů s velmi malým kontrastem jasů [1].

Testu 2 se zúčastnilo 7 řidičů, mužů ve věku 25 až 31 let, žádný z nich neměl oční vadu, která by potřebovala korekci zraku.

2.4 Měřicí zařízení

V testu 1 byl použit eyetracker od firmy Viewpointssystem®, GmbH. Jedná se o 2 kamery, které jsou osazeny na brýlích. Jedna kamera snímá pohyb oka a druhá, infrakamera s úhlem záběru cca 120° a s velmi vysokou světelnou citlivostí (0,0003 Lux) snímala obraz před řidičem. Obě kamery zaznamenávaly s frekvencí 25 snímků za sekundu. Na základě časové synchronizace obou kamer bylo možno s pomocí softwaru vyhodnotit místo, resp. bod, do kterého se stáčely oční osy, tj. bod fixace. Směr pohledu řidiče pak byl v pořízeném záznamu graficky zobrazen dvěma soustřednými kružnicemi. Udávaná přesnost je 10 až 15°. Pro zajištění kvalitního



Obr. 1 Uchycení kamery k pracovní přilbě.
Figure 1 Mounting the camera to work helmet.

záznamu infrakamerou byl na střeše vozidla umístěn infravětlomet. [1].

Test 2 byl proveden s pomocí sportovní kamery Drift HD upevněné na pracovní přilbě, viz obr. 1.

3. VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT

Dopravní situace pro test 2 byly vybrány tak, aby řidiči při rozhlédnutí se v křižovatce byli nuceni k výrazné změně úhlu pohledu. Tímto byla podmíněna použitelnost kamery spojené s hlavou řidiče bez možnosti zobrazení bodu fixace. Předpoklad k takovému využití vychází z toho, že během změny úhlu pohybu neprobíhá uspořádané vnímání, viz [2]. Podle této presumpce tedy řidič začíná situaci plánovitě zpracovávat až po natočení pohledu do daného směru. Na tomto podkladě je možno definovat dobu pozorování v pojetí, tak jak byla při zpracování pořízených záznamů testu 1 a 2 chápána a byla i tímto způsobem vyhodnocena.

Doba pozorování je časový interval, během něhož řidič vyhledává očnými pohyby objekty ve svém zorném poli a ty potom následně fixuje. Je to tedy časový interval mezi změnou úhlu pohledu natáčením hlavy, který řidič provedl za účelem vyhledání objektů v zorném poli.

Vyhodnocením záznamu testu 2 nebylo možno oddělit dobu vyhledávání objektu v zorném poli a dobu jeho fixace. Při analýze nehod je však potřebné znát celkový součet časů, během nichž řidič odvrací pohled do určitého směru, v tomto případě vyhledává objekt v zorném poli a následně jej fixuje – tedy časový interval ve smyslu definovaného pojmu „doba pozorování“. Popis vyhledávací strategie očních pohybů by měl význam např. při návrhu opatření ke snížení nehodovosti v konkrétním místě. Využitelnost těchto poznatků by byla ve znalecké praxi omezená.



Obr. 2 Okamžik změny úhlu pohledu na příkladu dvou po sobě jdoucích snímků (test 1).

Figure 2 Time of the change point of view, the example of two consecutive frames (test 1).



Obr. 3 Okamžik změny úhlu pohledu na příkladu dvou po sobě jdoucích snímků (test 2).

Figure 3 –Time of the change point of view, the example of two consecutive frames (test 1).

Záznam testu 1 a 2 byl vyhodnocen rozbořem po jednotlivých snímcích. Rozfázování záznamu kamery bylo dáno nastavenou snímkovací frekvencí 1/25 s, která odpovídá časovému kroku 0,04 s. Tato frekvence umožňovala snadné rozlišení počátku skokové změny v úhlové rychlosti natáčení hlavy – počátku změny úhlu pohledu (počátek a konec pozorování). Pro ilustraci a porovnání jsou na obr. 2 a 3 ukázány dva po sobě jdoucí snímky z testu 1 a 2, ze kterých je patrná náhlá změna úhlu pohledu při ukončeném pozorování. Na obrázcích je vidět rozdíl v ostrosti předcházejícího snímku oproti následujícímu. Snížená ostrost následujícího snímku (vpravo na obr. 2 a 3) vznikla otáčením kamery. V případě obrázku z testu 1 je ještě navíc možno vidět i absenci záměrného bodu ukazujícího do bodu fixace, což má rovněž souvislost s ukončením pozorování.

Okamžik zahájení a ukončení pozorování bylo tedy možno při vyhodnocování záznamů ve formulované koncepci stanovit na základě zjevného pohybu a zastavení obrazu záznamu, tak jak je to znázorněno na obr. 2 a 3.

3.1 Doba pozorování při vyhodnocování dopravní situace řidičem

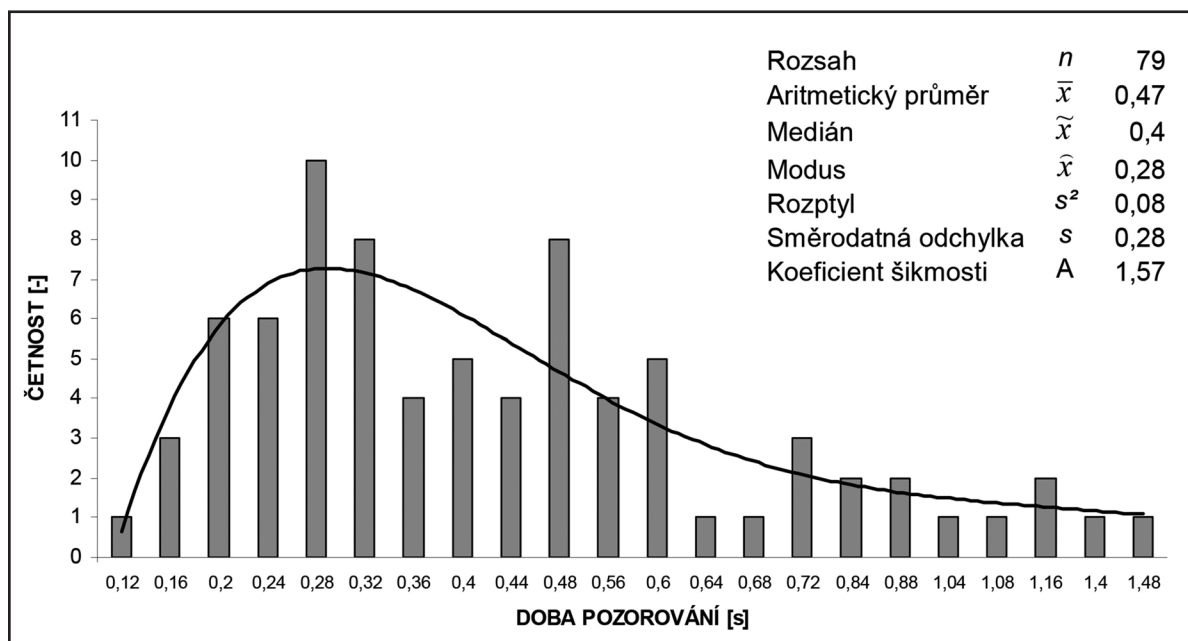
Vyhodnocením pořízených záznamů testu 1 a 2 byl získán soubor dat – časových intervalů dob pozorování. Získaný soubor dat bylo možno seřadit a statisticky zpracovat. Doby pozorování získané z testu 1

a 2 byly zpracovány odděleně, neboť při každém z těchto dvou testů byly odlišné světelné podmínky. Doby pozorování při rozhlédnutí v křižovatce lze v obou testech rozdělit do tří základních skupin:

1. V zorném poli nebyl žádný objekt zájmu.
2. Řidič sledoval – vyhodnocoval příjezdující vozidlo.
3. Kontrolní pohled.

Podle těchto tří skupin byla v každém testu získaná data rozřazena a samostatně zpracována. Ze souboru byly odstraněny časy, které zjevně nesouvisely s vyhodnocením dopravní situace, např. časy, během nichž řidič vyčkával průjezdu vozidla křižovatkou a mezi tím jej stále pozoroval.

První skupinu lze charakterizovat jako čas pozorování, podle kterého se řidič rozhoduje o rozjetí za předpokladu, že z daného směru nepříjezdí žádné vozidlo. Výsledky pro denní a noční dobu jsou shrnuty v histogramech na obr. 4 a 5. Porovnáním mediánů, které jsou obecně považovány za robustní charakteristiku lze zjistit, že v denní době jsou tyto doby pozorování přibližně o 0,2 s delší než v nočních hodinách ($0,4 \times 0,56$ s). Delší časy pozorování situace v křižovatce řidičem ve dne oproti nočním zkouškám, je možné přisuzovat snazší identifikaci objektu v prostoru za tmy, kdy řidič prakticky ihned po natočení pohledu do daného směru pozoruje světla příjezdujícího vozidla a nemusí objekt vyhledávat v zorném poli tak, jak je tomu v denní dobu.

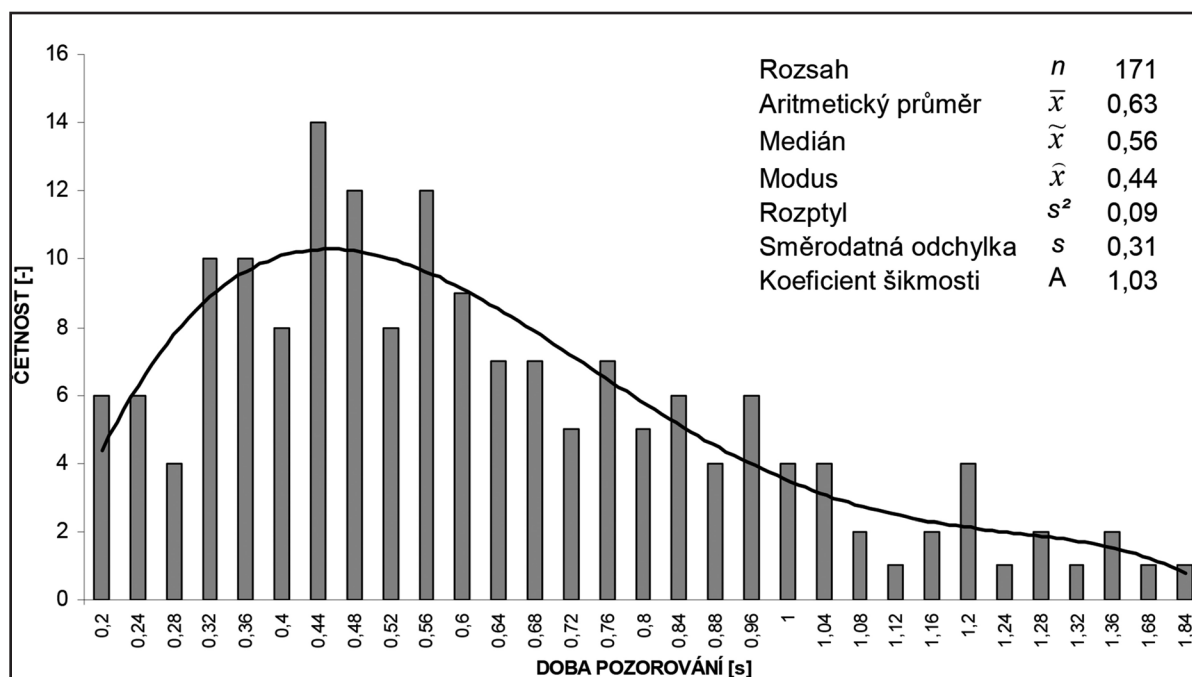


Obr. 4 Test 1 (soumrak, noční doba) – data od 8 řidičů, doba pozorování v případě, že ke křižovatce nepřišlo žádné vozidlo.

Do histogramu byly zahrnuty časy pro pohled doprava a doleva.

Figure 4 Test 1 (twilight, night time) – data from 8 drivers, time of observation in the event that the intersection did not come any vehicle.

The histogram included time to look to the right and to the left.



Obr. 5 Test 2 (denní doba) – data od 7 řidičů (jiné osoby než v testu 1), doba pozorování v případě, že ke křižovatce nepřišlo žádné vozidlo.

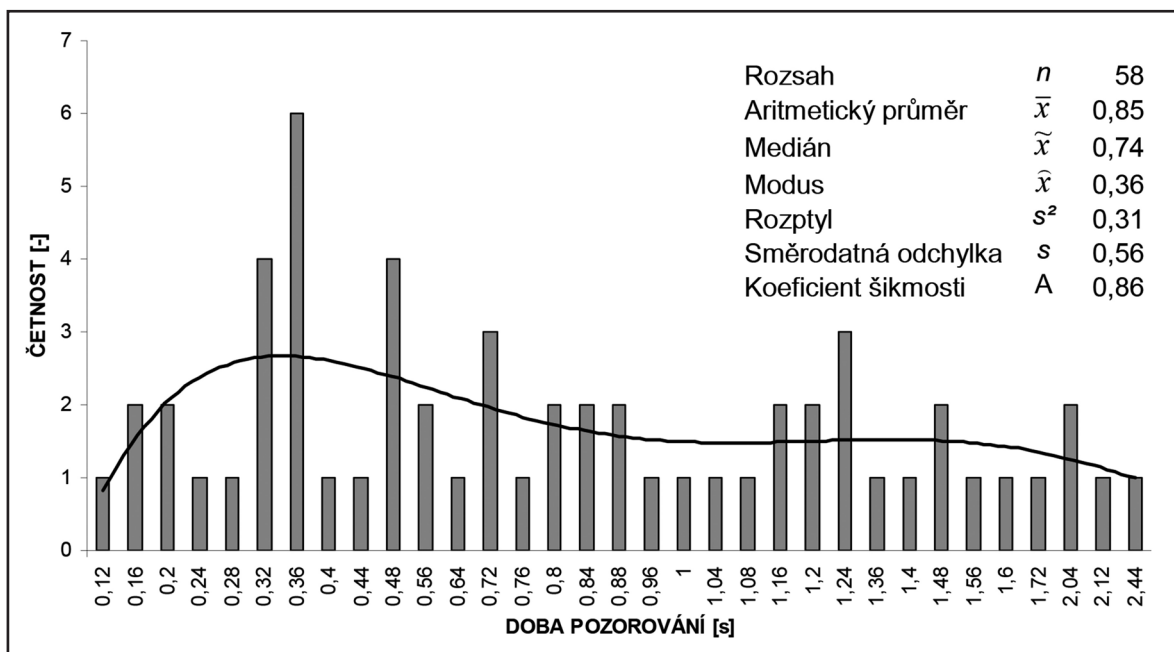
Do histogramu byly zahrnuty časy pro pohled doprava a doleva.

Figure 5 Test 2 (daytime) – data from 7 drivers (other than those in test 1), time of observation in the event that the intersection did not come any vehicle.

The histogram included time to look to the right and to the left.

Druhá skupina jsou doby pozorování, během nichž řidič vyhodnocuje časové možnosti odbočení na základě sledování přibližujícího se vozidla. Pokud je toto vozidlo ve velmi krátké vzdálenosti od křižovatky, kdy je zřejmé, že by odbočující řidič úkon nestihl, jsou tyto doby pozorování srovnatelné se skupinou 1 (řekněme s mediánem skupiny 1), tedy v histogramu na obr. 6 a 7

by se jednalo spíše o nižší, podprůměrné časy. U některých řidičů se ukázalo, že obdobná strategie je používána i v případě vozidla jedoucího ve velké vzdálenosti, kdy naopak řidič předpokládá, že do místa křižovatky toto vozidlo přijede za „dostatečný“ čas a bylo jím pak rozhodnuto provést odbočení. Z rozložení časů v histogramech na obr. 6 a 7 je zřejmé, že tyto jsou rozloženy

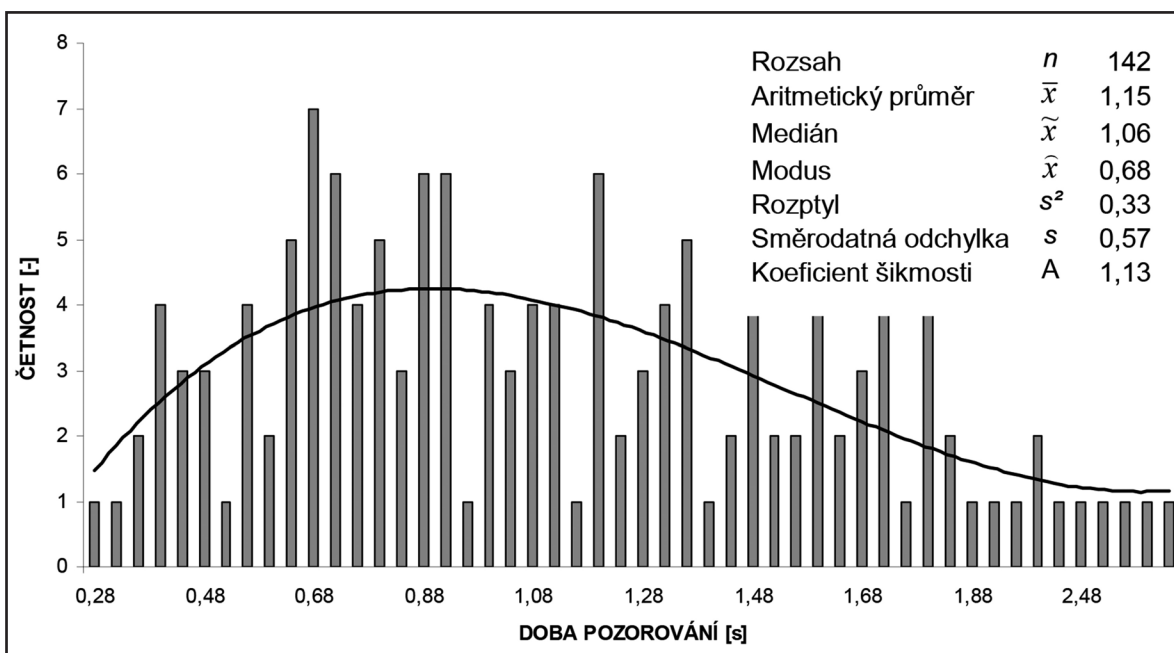


Obr. 6 Test 1 (soumrak, noční doba) – data od 8 řidičů, doba pozorování v případě, že ke křižovatce přijíždělo vozidlo.

Do histogramu byly zahrnuty časy pro pohled doprava a doleva.

Figure 6 Test 1 (twilight, night time) – data from 8 drivers, time of observation, if the intersection were coming vehicle.

The histogram included time to look to the right and to the left.



Obr. 7 Test 2 (denní doba) – data od 7 řidičů (jiné osoby než v testu 1), doba pozorování v případě, že ke křižovatce přijíždělo vozidlo.

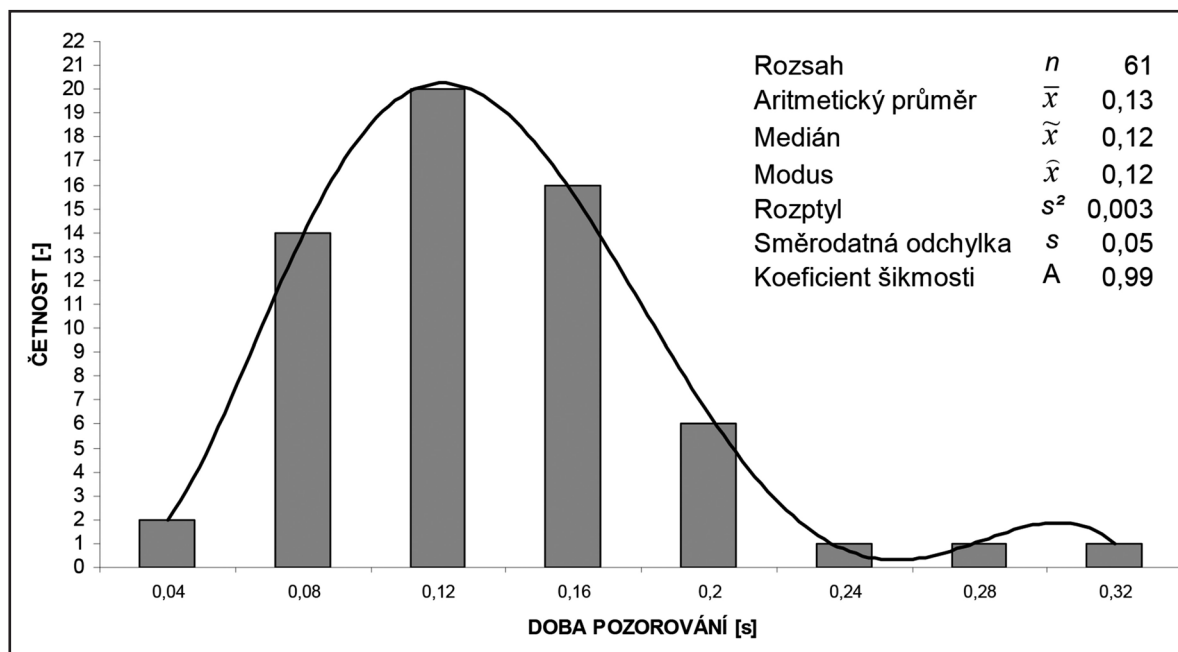
Do histogramu byly zahrnuty časy pro pohled doprava a doleva.

Figure 7 Test 2 (daytime) – data from 7 drivers (other than those in test 1), time of observation, if the intersection were coming vehicle.

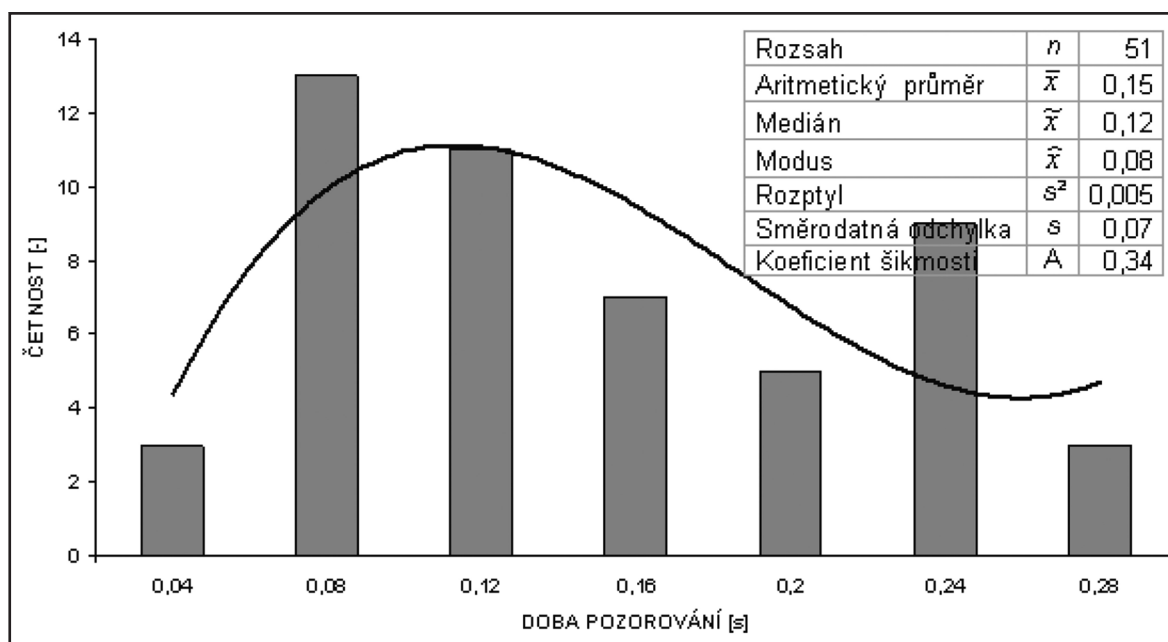
The histogram included time to look to the right and to the left.

v poměrně širokém pásu bez ostrého maxima. (např. pro denní dobu od 0,3 až po 1,9 s, výjimečně i více). Doba pozorování u této skupiny časů je kromě obecných skutečností (pozorovatel vs. trajektorie vozidla, kontrast jasů prostředí a vozidla apod.) závislá na konkrétních podmínkách daného místa (zejm. přehlednost),

konkrétní dopravní situaci (množství objektů) a samozřejmě i na psychických a fyziologických vlastnostech řidiče. Při eventuelním stanovení doby pozorování by bylo třeba vždy tyto konkrétní podmínky v daném místě zvážit. Tyto „nepříznivé okolnosti“ v zorném poli řidiče při vyhodnocování dopravní situace



Obr. 8 Test 1 (soumrak, noční doba) – data od 8 řidičů, délka trvání kontrolního pohledu. Do histogramu byly zahrnuty časy pro pohled doprava a doleva.
Figure 8 Test 1 (twilight, night time) – data from 8 drivers, the duration of the check view. The histogram included time to look to the right and to the left.

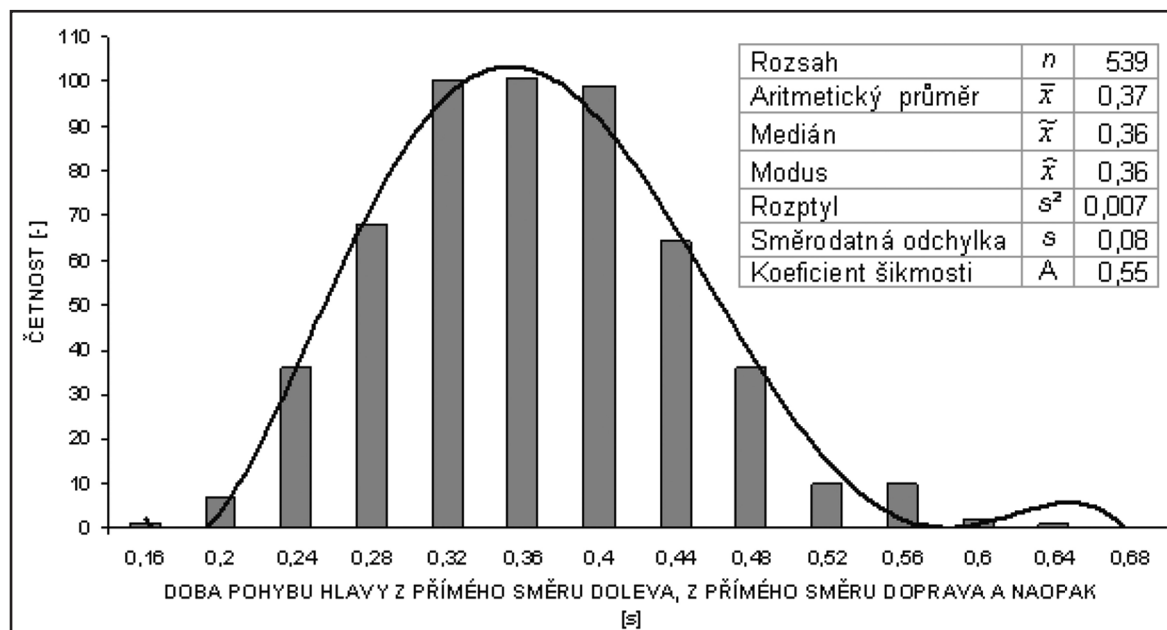


Obr. 9 Test 2 (denní doba) – data od 7 řidičů (jiné osoby než v testu 1), délka trvání kontrolního pohledu. Do histogramu byly zahrnuty časy pro pohled doprava a doleva.
Figure 9 Test 2 (daytime) – data from 7 drivers (other than those in test 1), the duration of the check view. The histogram included time to look to the right and to the left.

mohou vést k delším časům pozorování. V porovnatelných situacích se doby pozorování u různých osob mohou lišit velmi významně (i v rádech sekund). Mimo fyziologických předpokladů totiž vždy záleží na osvojené strategii jednání každého řidiče.

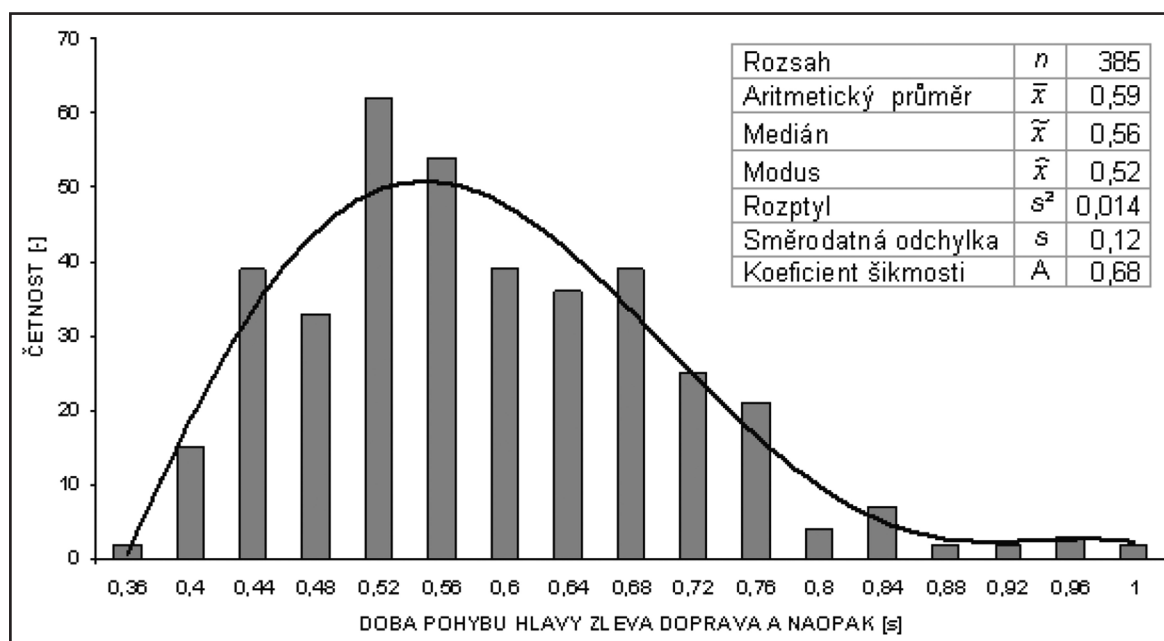
Třetí skupina jsou doby pohledu, které řidič používá pro rychlé přesvědčení, jestli je z daného směru volno anebo přijíždí vozidlo. Tato strategie byla používána testovacími osobami během příjezdu

a přiblížení se ke křižovatce ještě před zastavením na její hranici. Tento krátký pohled sloužil pro zběžnou kontrolu a přehled o situaci v daném místě. Dále byly kontrolní pohledy používány v případě, pokud řidič stál určitou dobu v křižovatce a čekal na uvolnění prostoru v dopravním proudu. Řidič již měl z předchozího pozorování během stání v křižovatce znalost o frekvenci provozu a vyčkával průjezdu konkrétního vozidla, resp. vozidel, které



Obr. 10 Délka trvání natočení hlavy z přímého směru doleva, z přímého směru doprava a naopak – data od 19 řidičů (osoby z testu 1, 2 a osoby z testu na polygonu).

Figure 10 Duration of rotation of the head from a straight line to the left, straight line to the right and vice versa – data from 19 drivers (persons from the test 1, 2 and persons from the polygon test).



Obrázek 11 Délka trvání natočení hlavy zleva doprava a naopak – data od 15 řidičů (osoby z testu 1 a 2).

Figure 11 Duration of rotation of the head from left to right and vice versa – data from 15 drivers (persons of the test 1 and 2).

sledoval. Řidič před zahájením rozjezdu situaci ještě prověřil i v opačném směru, zda je skutečně volno anebo vozidlo, které měl na zřeteli a počítal s ním, bylo opravdu v dostatečné vzdálenosti a nepřiblížilo se blíže, než očekával. Tyto doby pohledu nesloužily jako samostatné informace, na základě nichž se řidiči rozhodovali o rozjezdu.

3.2 Motorika pohybu při rozhlédnutí se řidičem v křižovatce

Obdobným způsobem, jak byla vyhodnocena doba pozorování v předchozí kapitole, bylo možno získat i časové intervaly pohybu – natáčení hlavy řidiče při rozhlédnutí v křižovatce. Tyto intervaly je možno rozdělit do dvou skupin. První skupinu představují časové úseky trvání natočení hlavy z přímého směru (pohled před sebe)

doleva, z přímého směru doprava a naopak. Druhou skupinou jsou časové intervaly, během nichž řidič natáčí hlavu zleva doprava a zprava doleva.

Porovnáním vyhodnocené motoriky řidiče při rozhlédnutí z testů 1, 2 a dále testů provedených na polygonu (tyto nejsou předmětem tohoto článku, byly provedeny za jiným účelem jednání řidiče) bylo zjištěno, že se jedná o srovnatelné soubory dat a je tedy možné je zahrnout do společných histogramů, viz obr. 10 a 11.

4. ZÁVĚR

Změnu polohy objektu, kterou je schopen člověk zaznamenat, souvisí s fyziologickou hranicí zrakového vnímání. Možnost rozlišení změny polohy pohybujícího se objektu za daný čas je v obecném pohledu závislá především na poloze pozorovatele vzhledem k trajektorii pozorovaného objektu, rychlosti pohybu tohoto tělesa, vzdálenosti ve které je objekt pozorován, prostředí (zejm. množství a vzdálenost referenčních bodů od trajektorie objektu) a světelných podmínkách (kontrast jasů mezi objektem a prostředím).

Cílem provedených testů bylo získat časové intervaly dob pozorování v realitě dopravního provozu, které řidiči obvykle užívají při rozhlížení se v křižovatce. Bylo zjištěno, že doba pozorování v dopravním provozu je kromě skutečností uvedených v prvním odstavci této kapitoly závislá na konkrétních podmínkách daného místa (zejm. přehlednost), konkrétní dopravní situaci (množství objektů) a dále také samozřejmě i na psychických a fyziologických vlastnostech řidiče.

Prezentované histogramy jsou výsledkem prvotního výzkumu v této oblasti. Na tyto poznatky bude dále navázáno dalšími experimenty a bude zpracován statisticky významnější vzorek řidičů. Převážná část testovaných řidičů byla ve věku od 25 do 35 let. Zjištěné charakteristiky je tak možné považovat spíše za minimální. Při větším statistickém vzorku by došlo k jejich upřesnění s tím, že není očekáván výrazný posun směrem ke kratším časům.

Využitelnost předloženého článku lze spatřovat zejména při řešení typu nehod „*podíval se, ale neviděl*“. Na tyto nehody lze v zásadě nahlížet tak, že buď bylo vozidlo pro odbočujícího řidiče v okamžiku rozhlédnutí v křižovatce v oblasti zakrytého výhledu (za zatáčkou, zástavbou, horizontem apod.) anebo bylo pro odbočujícího řidiče viditelné po celou dobu jeho rozhodování v křižovatce a příčina přehlédnutí vozidla pak byla jiná než technická. Z provedených testů v dopravním provozu je možno stanovit dobu, během níž řidič při rozhlížení v křižovatce mění úhel pohledu z jedné na druhou stranu a dále dobu během, které řidič vyhledává objekty ve svém zorném poli a dobu trvání jejich fixace. Na tomto podkladě by potom bylo možno znale rozhodnout, která z těchto dvou popsanych alternativ je s ohledem na podmínky v místě nehody (zejm. rychlost vozidla jedoucího po hlavní silnici a stavebně technický charakter daného místa) technicky přijatelná.

5. LITERATURA

- [1] KLEDUS R. a kolektiv: *Porovnání odlišností při rozpoznání objektu řidičem ze stojícího a z jedoucího vozidla na základě jízdních zkoušek v reálném silničním provozu*. XIX. výroční konference EVU. Sborník příspěvků, Praha, 2010.
- [2] ŠTIKAR J., HOSKOVEC J., ŠTIKAROVÁ J.: *Psychologie v dopravě*. Univerzita Karlova v Praze. Karolinum, Praha, 2003.